FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

U.PORTO

FACULDADE DE CIÊNCIAS
UNIVERSIDADE DO PORTO

Departamento de Física e Astronomia

ACÇÃO DE FORMAÇÃO

"Actividades Laboratoriais para o 10º e 11º Anos do Ensino Secundário"

Proposta de actividade de sala de aula

O Movimento Rectilíneo Uniformemente Variado: Ascensão e Queda dos Corpos.

Formadores: Paulo Simeão Carvalho e Manuel Joaquim Marques

Formandos:
Ana Maria Gutterres Quintela de Vasconcelos Sá
Marcelo José Rodrigues
Maria José Silva Ferreira Quelhas Saraiva

2009/2010

ÍNDICE

Páginas

INTRODUÇÃO 2
Objectivo 2
A análise de vídeo como ferramenta pedagógica 2
O software 3
As estratégias 4
ACTIVIDADE DE SALA DE AULA 7
Material 7
Procedimento (instruções para o professor) 7
1º - Formulação da questão-problema 7
2º - Obtenção de material de vídeo 7
3º - Análise do vídeo 8
Tratamento e análise dos dados 13
Conclusões 13
CONCLUSÃO FINAL 18
ANEXO – V DE GOWIN 19
REFERÊNCIAS 20
WEBOGRAFIA 20
BIBLIOGRAFIA 20

INTRODUÇÃO

Objectivo

Este trabalho tem como objectivo propor uma Actividade de Sala de Aula que promova a aprendizagem dos conteúdos programáticos do 11º ano de Física e Química A, relacionados com a ascensão e queda de corpos na vertical, utilizando um software gratuito de análise de vídeo (*Tracker*).

Pretende-se que os alunos, através de uma questão-problema colocada na aula, explorem, com o software *Tracker* vídeos fornecidos pelo professor ou produzidos pelos mesmos, sobre ascensão e queda de corpos, com a finalidade de estudar e identificar o tipo de movimento que está associado a esse fenómeno.

A análise de vídeo como ferramenta pedagógica

O vídeo é uma sequência de fotogramas a uma taxa de 25 ou 30 fotogramas por segundo, dependendo do formato. Isto significa que o intervalo de tempo entre dois fotogramas consecutivos será de 0,04 s para uma câmara que filme a 25 f/s (fotogramas por segundo), e 0,033s para uma que filme a 30f/s.

Assim, podemos registar as posições de corpos em movimento com intervalos de tempos fixos e conhecidos, da ordem dos centésimos de segundo (25 a 30 imagens em 1 segundo). Com a ajuda de um software que permita estabelecer a relação entre as distâncias reais e as distâncias medidas no fotograma (em pixeis) é possível fazer uma análise cinemática e até dinâmica do movimento de corpos, de forma fácil e com um rigor aceitável.

O valor didáctico do vídeo no estudo da Mecânica tem sido amplamente reconhecido [1] e inclusive é largamente usado na investigação em áreas como a Biomecânica. A mais-valia deste tipo de software está em conseguir ser uma boa estratégia de motivação dos alunos na aprendizagem de conceitos de cinemática e dinâmica, na medida em que leva o aluno a lidar com estes conceitos de forma fácil e apelativa podendo as experiências serem realizadas fora do contexto de sala de aula. Os cálculos indirectos podem ser realizados pelos alunos e/ou visualizados no próprio programa.

Todavia a análise de vídeo tem as suas limitações [1], e em particular com este tipo de software:

- só podemos registar os movimentos em planos a duas dimensões (2D)
- se o plano da imagem da câmara e o plano do movimento não forem aproximadamente paralelos os erros nas medições das distâncias passam a ser consideráveis (erros de paralaxe).
- os fenómenos ópticos de distorções da imagem na periferia do fotograma podem afectar a relação entre as distâncias no vídeo e as distâncias reais.

O software

O *Tracker* é um software de análise e modelagem de vídeo, da autoria de Douglas Brown e inserido no projecto *Open Source Physics* (OSP). É um software de distribuição gratuita.

O software pode ser adquirido no site do autor, em

http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/

onde podem aí constatar todas as potencialidades do *Tracker*. Corre em sistema operativo *Windows*, entre outros, e lê ficheiros de vídeo de extensão *.avi* [1]. Para o software poder funcionar é necessário que o computador tenha instalado a plataforma *Java* e para poder ler ficheiros de vídeo deverá ter instalado o software de visualização de vídeos *QuickTime Player*. O *Tracke*, não tem instalação e contém apenas dois ficheiros: o de arranque em linguagem Java é o *tracker.jar*. Pode ser feito um *download* de uma versão que corre em qualquer local (*tracker.jar*) ou uma versão para ser instalada de forma fixa num computador (*tracker.exe*). O software tem incorporado um manual de utilização que ajuda o utilizador a aprender e a explorar as potencialidades do programa. Pode-se alterar a linguagem do programa para Português.

A janela principal do *Tracker* (Fig.1) tem três áreas principais:

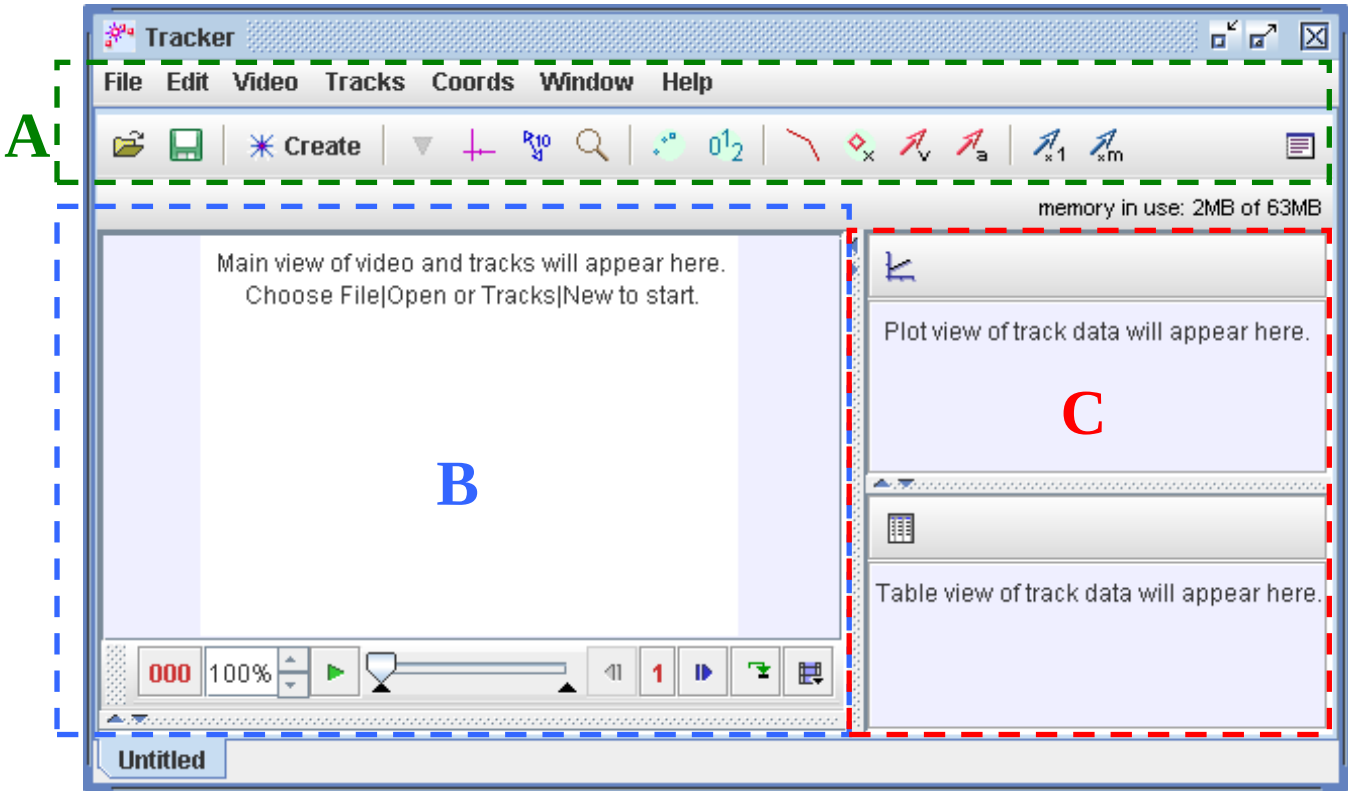


Figura 1

- área A, com menus e botões de atalho de comandos;
- área B, onde será carregado e manipulado o ficheiro de vídeo;

[1] Se o ficheiro de vídeo tiver outra extensão (ex: *mpeg*) ou for uma extensão *.avi* incompatível com o software, pode-se converter o ficheiro numa extensão compatível utilizando um software de conversão de vídeo de distribuição livre e gratuita na Internet. Neste trabalho usou-se o software *Any Vídeo Converter, versão 3.03*, que pode ser obtido no site: http://www.any-video-converter.com/download-freeware/.

- área C, com duas caixas onde são visualizados diversas informações, tabelas e gráficos, obtidas a partir da análise do vídeo (instantes e posições).

Para a área A, temos em resumo as seguintes funcionalidades (Fig. 2) dos botões mais importantes para esta actividade:

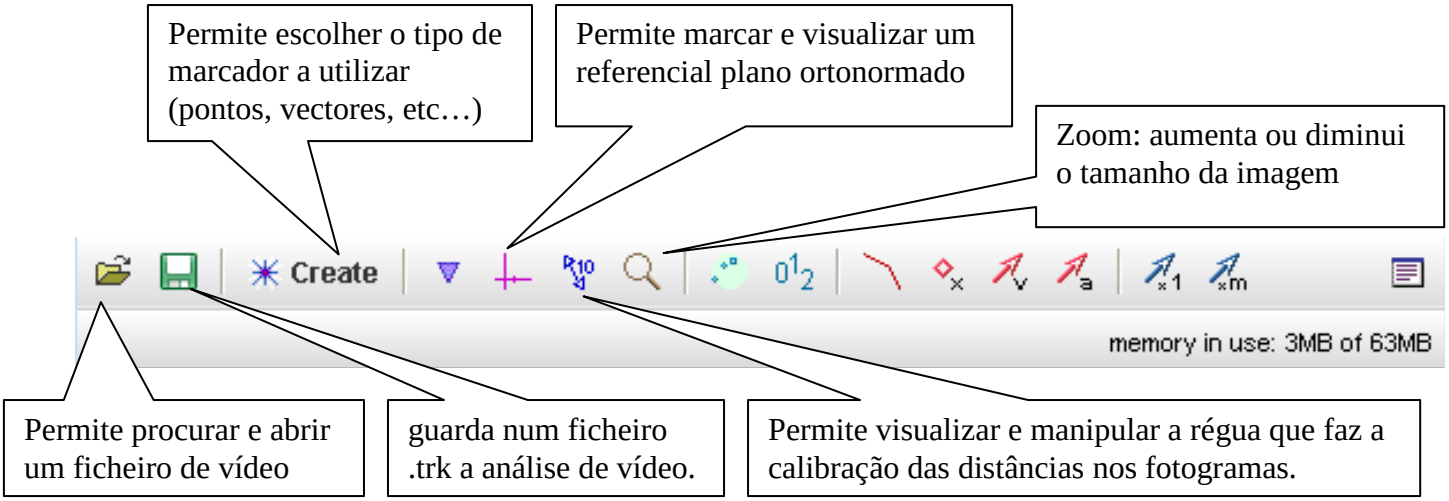

Permite escolher o tipo de marcador a utilizar (pontos, vectores, etc…)
Permite marcar e visualizar um referencial plano ortonormado
Zoom: aumenta ou diminui o tamanho da imagem
Create
memory in use: 3MB of 63MB
Permite procurar e abrir um ficheiro de vídeo
guarda num ficheiro .trk a análise de vídeo.
Permite visualizar e manipular a régua que faz a calibração das distâncias nos fotogramas.

Figura 2

As estratégias

A actividade de sala de aula proposta neste trabalho incide sobre o capítulo da ascensão e queda de corpos na vertical, do programa de Física e Química A do 11º ano de escolaridade. Neste trabalho parte-se do pressuposto que já foram abordados, em aulas anteriores, os conceitos de movimento rectilíneo uniformemente acelerado e retardado, bem como as leis dos movimentos e os gráficos posição-tempo e velocidade-tempo. Os alunos nesta altura, também já terão o domínio do conceito de aceleração gravítica entre outros pré-requisitos necessários à actividade proposta. O estudo do movimento de um corpo em ascensão e queda vertical é um excelente tema para levar os alunos a aplicarem todos estes conhecimentos já adquiridos anteriormente.

O objectivo da actividade é fazer com que os alunos, usando os conhecimentos já adquiridos, analisem o fenómeno supracitado, através de medições de variáveis, de forma a identificarem o tipo de movimento que o caracteriza. Para isso é necessário o uso de uma estratégia que permita aos alunos essa mesma análise.

Em primeiro lugar os alunos deverão ser confrontados com uma questão-problema que os leve a pensar em estratégias e esquemas que possam dar uma resposta clara e efectiva a essa questão. A questão-problema formulada para esta actividade é :

“Durante o seu exercício no solo, uma ginasta lança uma bola na vertical, apanhando-a instantes depois….

- Que tipo de movimento terá a bola?

- Será este sempre o mesmo, ao longo de toda a trajectória?”

Obviamente que depois de alguma discussão propomos que o professor faça a introdução do conceito de análise de vídeo e apresente aos alunos o software *Tracker*.

A estratégia adoptada será então a utilização de um software de análise de vídeo. Programas como o *Tracker* permitem estudar o movimento de corpos registados em vídeo, através da medição das suas sucessivas posições ao longo do tempo. Trata-se de um estudo relativamente simples que pode ser feito quer na sala de aula, quer em casa pelos próprios alunos.

A utilização do *Tracker* permite ao aluno lidar na prática com os conceitos de referencial, escala, posição, distância, deslocamento, instante, intervalo de tempo, velocidade média e instantânea, aceleração média e instantânea, gráficos posição-tempo, velocidade-tempo e aceleração-tempo, equações das posições e das velocidades, aceleração gravítica, etc…. Isto para citar apenas os conceitos mais relevantes para esta actividade. Por isso, trata-se também de uma excelente ferramenta pedagógica de reforço da aprendizagem dos alunos, bem como de estímulo e motivação para a aprendizagem de conceitos físicos ligados à Mecânica Newtoniana. Os alunos, com este software, podem em casa praticar, analisando as mais variadas situações, aplicando os conceitos fundamentais da cinemática.

Para dar início à actividade o professor poderá optar por utilizar um ficheiro de vídeo já previamente preparado ou pode em conjunto com os alunos produzir um ou vários vídeos para serem explorados na aula[2].

Uma vez obtido um ficheiro de vídeo para análise, o professor deverá explicar passo a passo os procedimentos básicos de análise do software. Para isso o computador utilizado deverá estar ligado a um projector, para que toda a turma acompanhe os passos a dar. É importante que os alunos aprendam a mexer no software e que saibam onde o podem descarregar. O professor poderá inclusive usar o software para que os alunos desenvolvam um trabalho de grupo ou individual.

Com as medições pretendidas, o professor disponibiliza aos alunos, através do *Tracker*, a tabela das medidas da posição em função do tempo, e solicita-lhes que façam o tratamento dos dados, de forma a concluírem sobre o tipo de movimento estudado. O professor poderá optar por pedir que a análise seja feita com papel milimétrico ou com recurso à calculadora gráfica (esta parte da actividade pode inclusive ser continuada como trabalho de casa, dependendo do tempo disponível na gestão da aula).

O professor, deve orientar os alunos que basicamente terão que fazer: o gráfico posição-tempo do movimento; calcular as velocidades instantâneas e fazer o gráfico velocidade-tempo; calcular a aceleração do grave através da determinação, por regressão linear, da recta que passa pelos pontos do gráfico velocidade-tempo. Depois disso, deverão concluir sobre os tipos de movimento que caracterizam a ascensão e queda de corpos na vertical, e determinar as equações das posições e das velocidades para o movimento estudado.

É importante que os alunos percebam, durante a actividade, que atendendo ao facto de um filme de vídeo ser uma sequência de 25 fotogramas por segundo, o intervalo de tempo entre dois fotogramas, ou seja entre duas posições marcadas no *Tracker*, será de

[2] Uma estratégia possível será introduzir a questão-problema e apresentar o software de análise de vídeo no final da aula anterior. Assim na aula seguinte poder-se-á fazer a preparação do material de vídeo (com uma câmara digital da escola ou particular) e a respectiva análise.

0,04 s. Isto faz com que a velocidade média calculada para uma posição (fotogramas) seja praticamente uma velocidade instantânea[3].

O professor no fim, utilizando o potencial do *Tracker*, confrontará a análise feita pelos alunos com a do software, visualizando os gráficos, as análises dos gráficos e as equações obtidas pelo programa. O professor poderá também comparar o movimento real do vídeo com um modelo teórico produzido pelo software, discutindo com os alunos os aspectos sobre as limitações de leitura do software e a resistência do ar existente no movimento real.

A parte prática desta actividade de sala de aula, pode ser resumida num V de Gowin (ver anexo), que inclusivé poderá ser solicitada pelo professor aos alunos ou elaborada em conjunto no final da actividade.

[3] O cálculo da velocidade média para uma dada posição é feito subtraindo a posição no fotograma imediatamente seguinte, com a posição no fotograma imediatamente anterior, e dividindo o resultado pelo intervalo de tempo de 0,08 s (tempo entre três fotogramas consecutivos).

ACTIVIDADE DE SALA DE AULA

Material

- câmara de vídeo;
- tripé;
- bola (ou outro corpo qualquer);
- computador + software *Tracker*;
- calculadora gráfica.

Procedimento (instruções para o professor)

1º - Formulação da questão-problema

"Durante o seu exercício no solo, uma ginasta lança uma bola na vertical, apanhando-a instantes depois….

- Que tipo de movimento terá a bola?

- Será este sempre o mesmo, ao longo de toda a trajectória?"

Após alguma discussão introduzir o conceito de análise de vídeo e o software *Tracker*.

2º - Obtenção de material de vídeo

- instale a câmara de vídeo no tripé e coloque-a o mais paralela possível, a uma parede sem obstáculos (afastada o suficiente para captar toda a trajectória de um objecto em ascensão e queda). Quanto mais homogénea a cor de fundo melhor. O ideal será um grande contraste entre o corpo e a parede (ex: parede branca e esfera negra, ou vice-versa), todavia qualquer situação serve para a análise de vídeo desde que seja perceptível nos fotogramas o movimento do corpo.

- coloque na zona que será captada pela câmara de vídeo um objecto (por exemplo uma régua) cujas dimensões, vertical e/ou horizontal, sejam conhecidas;
- faça alguns testes para verificar que todo o movimento do corpo se enquadra dentro da imagem do vídeo;
- inicie a gravação e lance a esfera para cima, na vertical, deixando-a cair no solo;
- pare a gravação e verifique se a filmagem é satisfatória; caso contrário, repita o passo anterior;
- finalmente, transfira as gravações para o computador através de uma placa de aquisição de vídeo ou simplesmente descarregando as imagens para o computador via USB, dependendo do tipo de câmara utilizada;
- se o ficheiro de vídeo não é um extensão *.avi* compatível com o *Tracker*, deverá ser convertido usando um software apropriado. Na Internet existem vários que podem ser descarregado gratuitamente. Recomendamos o software *Any Vídeo Converter*.

3º - Análise do vídeo

- abra a interface do programa *Tracker* (Fig. 3), clicando duas vezes no ficheiro *tracker.jar*:

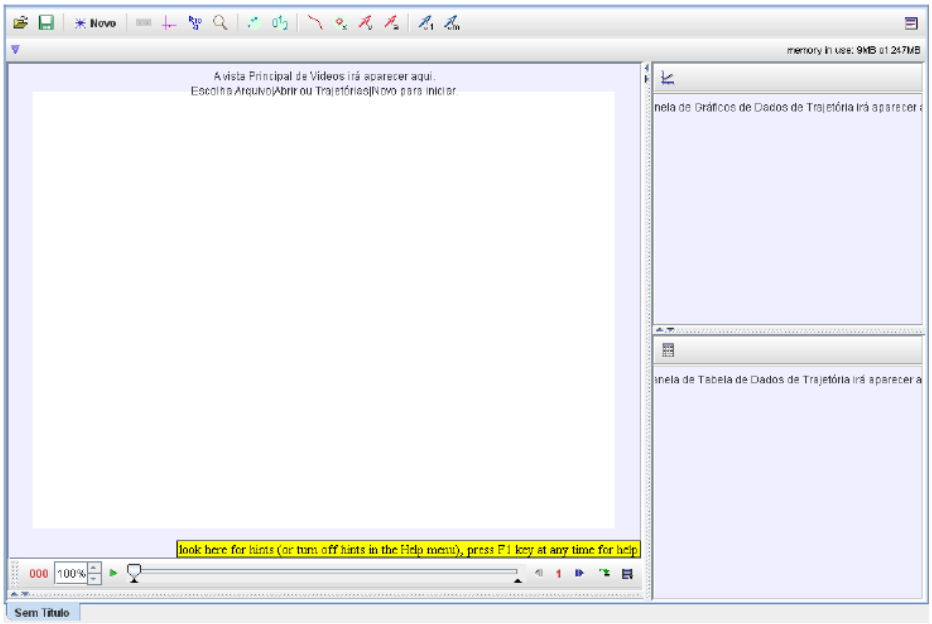

Novo
memory in use: 9MB of 247MB
A vista Principal de Vídeos irá aparecer aqui.
Escolha Arquivo|Abrir ou Trajetórias|Novo para iniciar.
look here for hints (or turn off hints in the Help menu), press F1 key at any time for help
Sem Título

Figura 3

- seleccione na barra dos comandos o botão de abrir ficheiro ;
- abra o ficheiro de vídeo pretendido;
- o primeiro fotograma será exibido na janela da área B (Fig. 4):

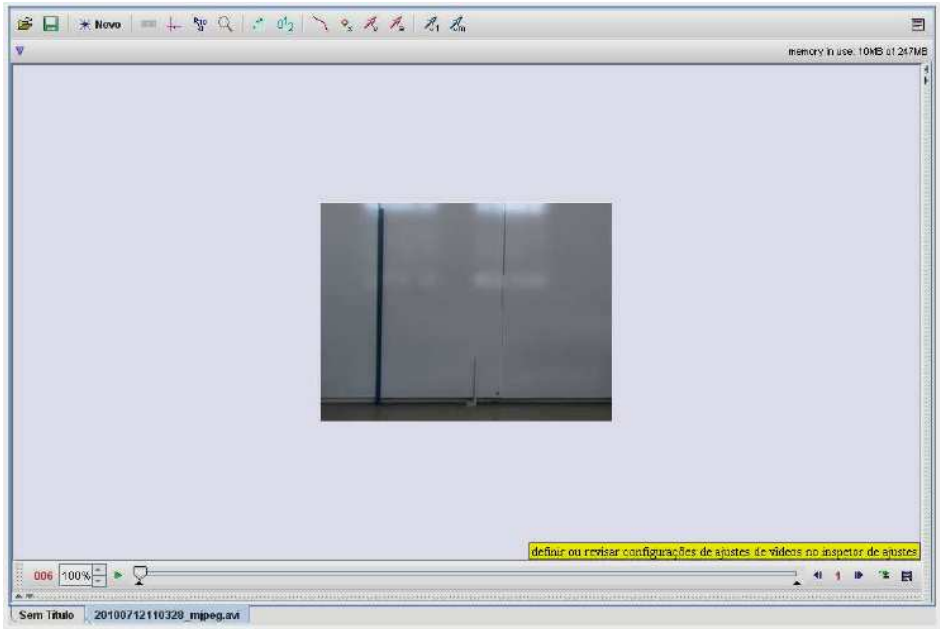

Novo
memory in use: 10MB of 247MB
definir ou revisar configurações de ajustes de vídeos no inspetor de ajustes
Sem Título
20100712110328_mjpeg.avi

Figura 4

- seleccione o segmento de vídeo com o movimento que quer analisar usando a barra de controlo de vídeo situada no fundo da janela (Fig.5):

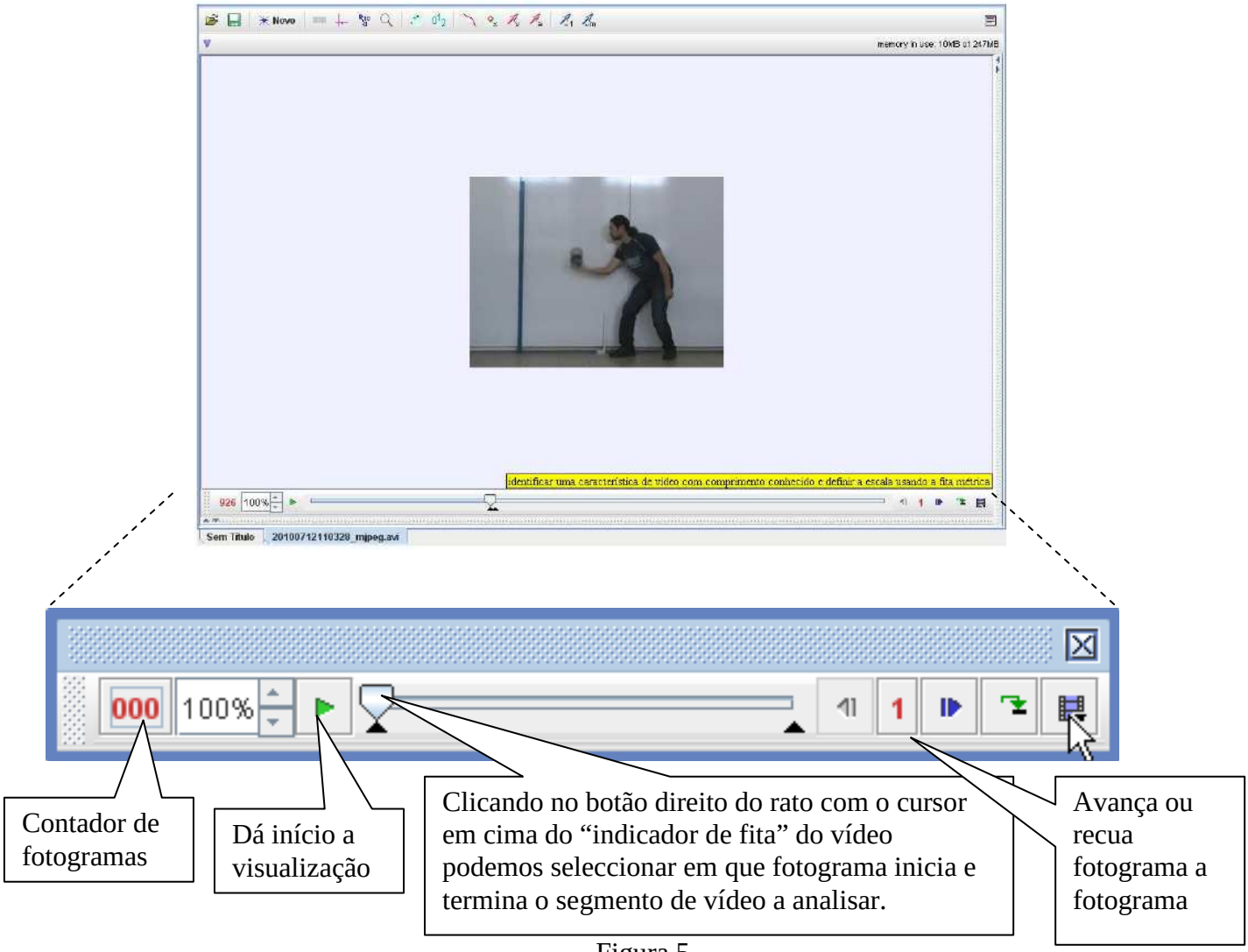

Contador de fotogramas
Dá início a visualização
Clicando no botão direito do rato com o cursor em cima do "indicador de fita" do vídeo podemos seleccionar em que fotograma inicia e termina o segmento de vídeo a analisar.
Avança ou recua fotograma a fotograma

Figura 5

- calibre as distâncias utilizando a régua de calibração. Para isso deve seleccionar na barra de controlo da área A o botão

  Surge na imagem uma seta dupla em que as suas extremidades podem ser ajustadas às extremidades do objecto cujas dimensões são conhecidas (Fig. 6).

Figura 6

No centro da régua está a indicação do comprimento em pixeis na imagem. Clicando em cima desse número podemos reescrever o valor correspondente ao comprimento real (Fig. 7).

Figura 7

Se for necessário pode-se utilizar o botão do zoom , situado na barra de comandos da área A, aproximando o objecto para melhor fazer coincidir as extremidades da régua com as extremidades daquele (Fig. 8).

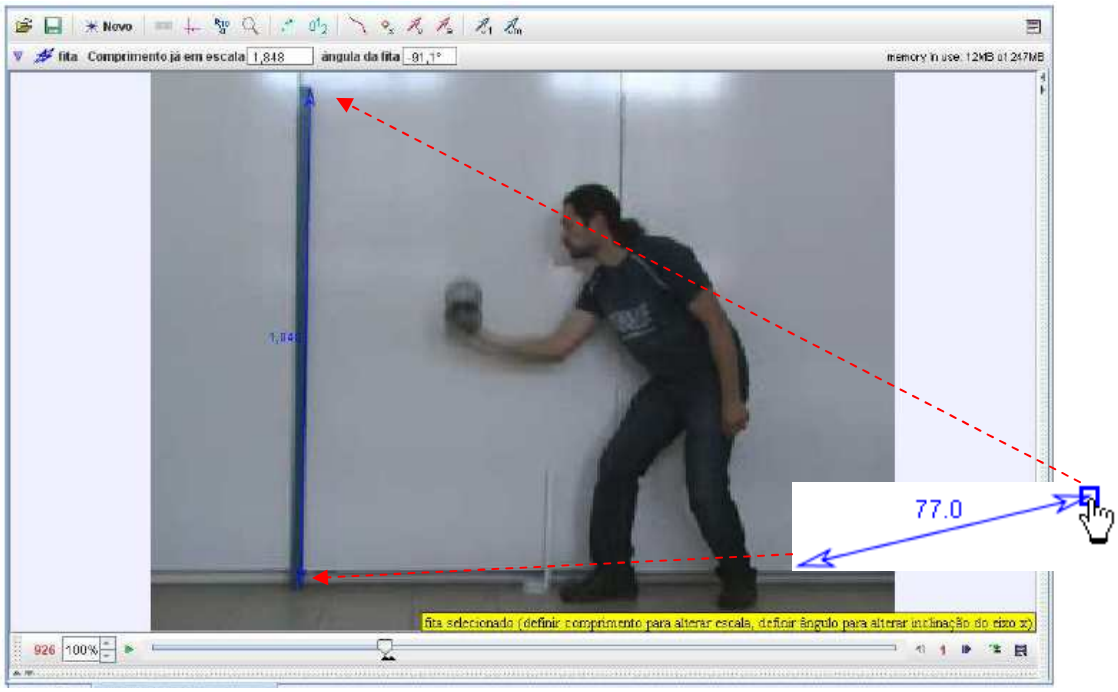

Novo
fita Comprimento já em escala 1,848
ângula da fita -91,1°
memory in use: 12MB of 247MB
77.0
fita seleccionado (definir comprimento para alterar escala, definir ângulo para alterar inclinação do eixo x)
926
100%

Figura 8

- estabeleça um referencial cartesiano ortonormado, clicando no botão da barra de comandos, da área A. O referencial será criado no canto inferior direito da imagem, no entanto ele pode ser posicionado onde melhor convier ao utilizador. O referencial pode inclusivé ser rodado. Neste trabalho só nos interessam as posições segundo o eixo dos yy, pelo que a origem pode ficar no solo, na direcção do movimento (Fig. 9).

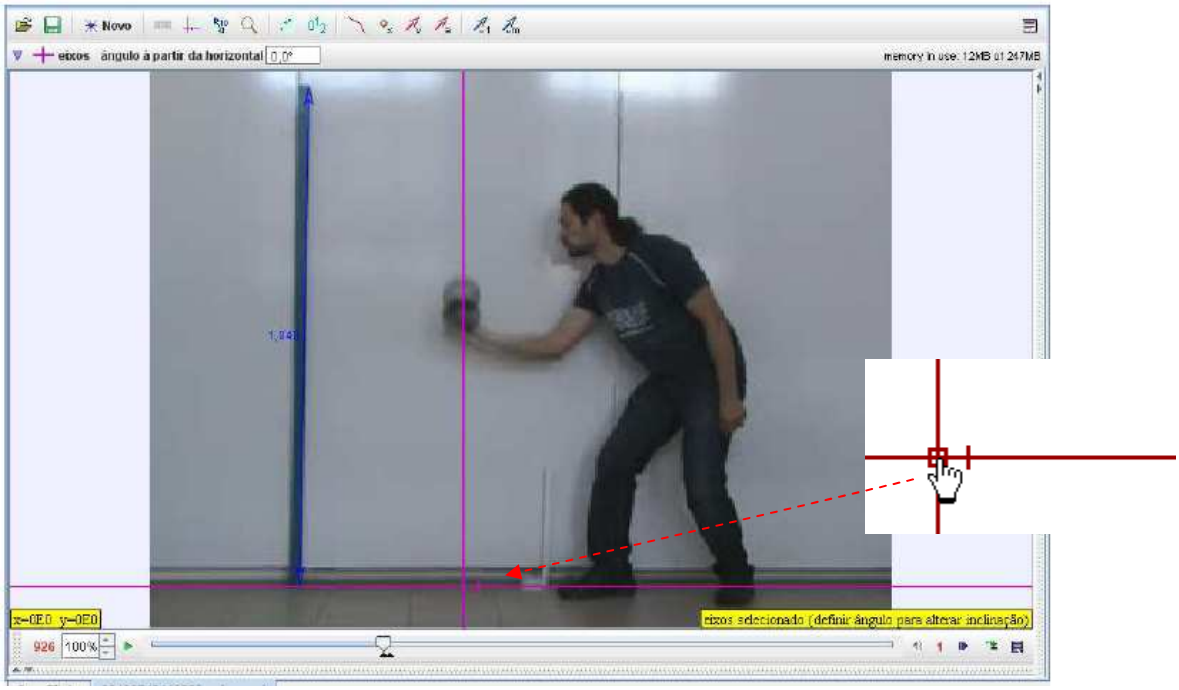


Figura 9

- faça a marcação das posições do corpo (Fig. 10 e 11), fotograma a fotograma. Para isso seleccione o botão Create ("novo", em português), da barra de comandos da área A, e depois opte pelo marcador de partícula de massa (*point mass*).

  Para iniciar as marcações deve carregar na tecla *shift* do teclado do computador e clicar no botão esquerdo do rato, depois de posicionar o cursor na posição pretendida.

  Uma vez feita uma marcação o vídeo avança para o fotograma seguinte. Deve procurar marcar o mais próximo possível do centro do corpo ou sempre na mesma zona do mesmo.

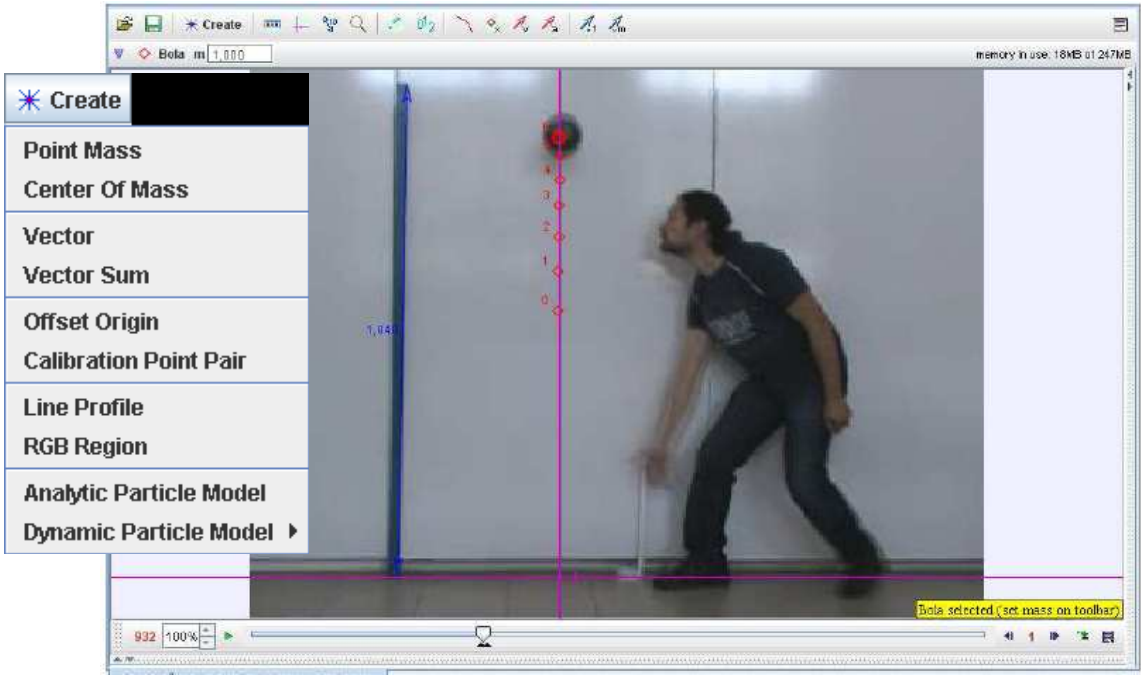


Figura 10

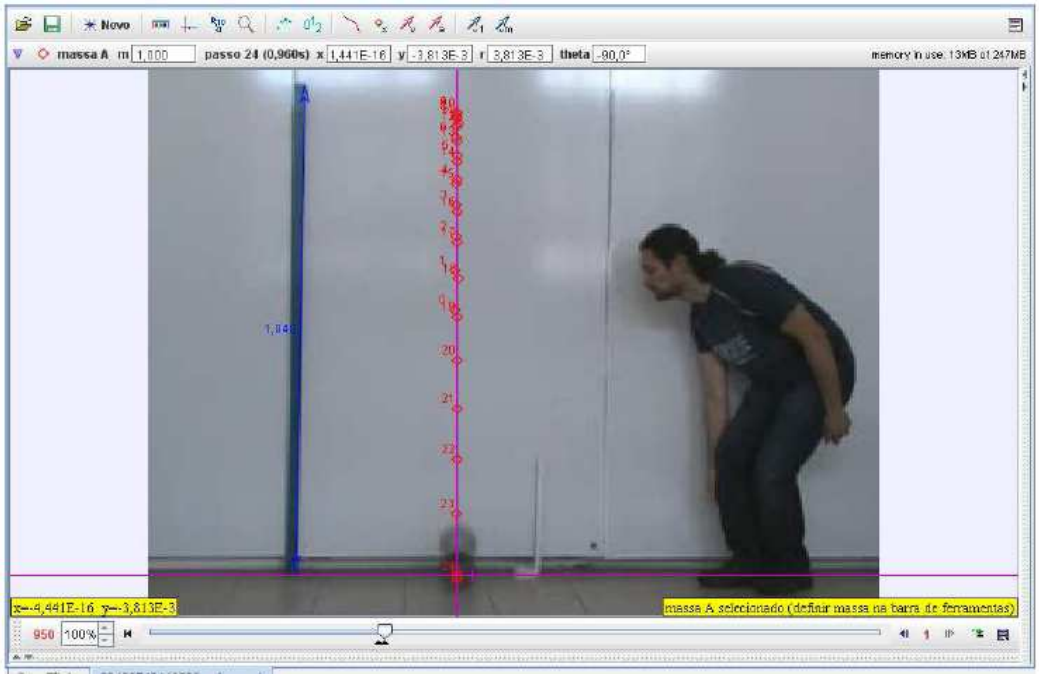


Figura 11

- mostre aos alunos a tabela gerada com o conjunto de dados relativos ao tempo e a posição do corpo ao longo de todo o movimento (Fig. 12). Os alunos deverão passar os dados obtidos para o caderno diário e dar início à análise dos mesmos.

  O professor deverá ocultar os quadros com os gráficos e seleccionar apenas as colunas do tempo e das posições.

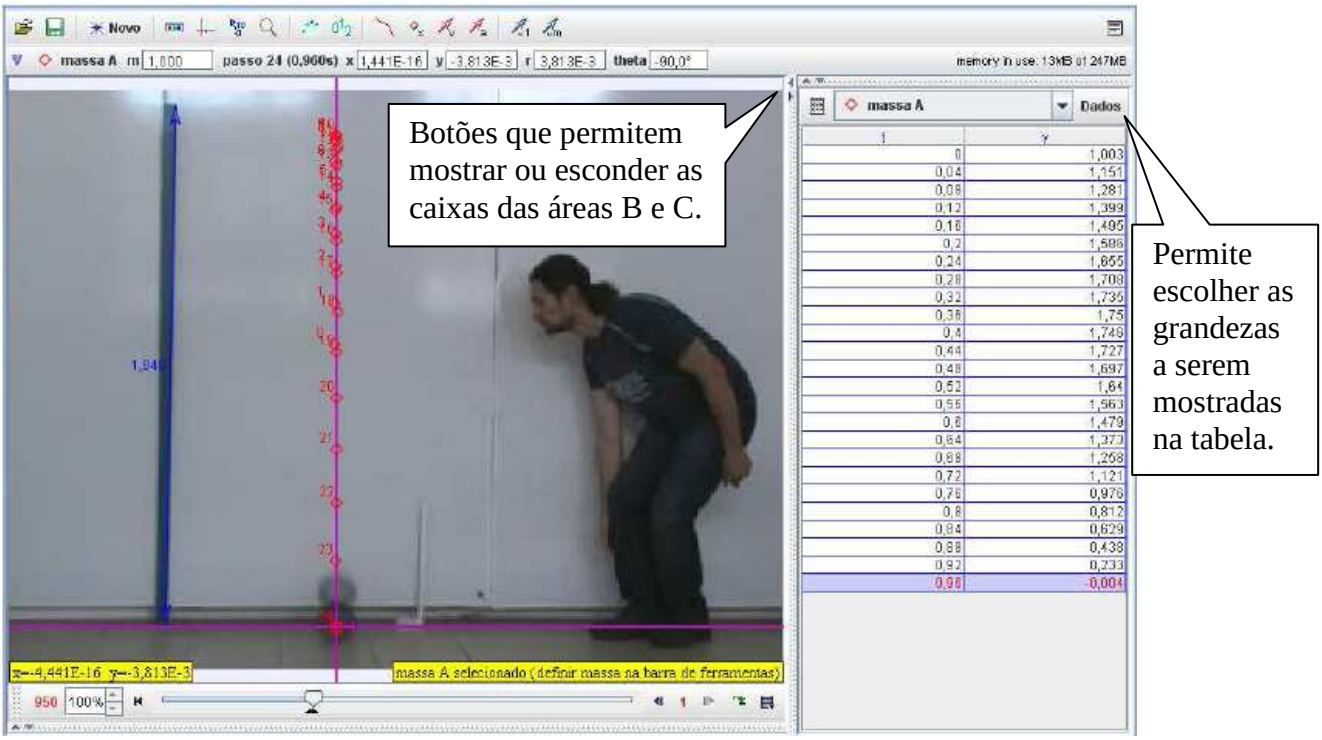

Botões que permitem mostrar ou esconder as caixas das áreas B e C.
Permite escolher as grandezas a serem mostradas na tabela.

Figura 12

Tratamento e análise dos dados[4]

Os alunos deverão:

- traçar um gráfico posição-tempo, e verificar que se trata de um parábola característica de um movimento uniformemente variado. Reconhecer a posição inicial de partida (1 m), a altura máxima atingida pelo corpo (1,75 m) e o instante da inversão de sentido do movimento (0,38 s);
- calcular as velocidades instantâneas[5] e elaborar um gráfico velocidade-tempo;
- verificar que o valor da velocidade (positivo) diminui de forma uniforme ao longo da subida anulando-se para um determinado instante que corresponde ao tempo de subida do corpo (0,38 s);
- verificar que a partir do instante em que a velocidade se anula, esta começa a aumentar uniformemente com sinal contrário (negativo), devido à mudança do sentido do deslocamento do corpo no referencial estabelecido, até atingir o solo num dado instante, que corresponde ao tempo de voo do corpo (0,92 s);
- determinar, por regressão linear, a recta que melhor representa os pontos marcados no gráfico velocidade-tempo;
- reconhecer no declive da equação da recta obtida o valor da aceleração do corpo ao longo do movimento ($-10{,}3\ ms^{-2}$) e na ordenada na origem a velocidade inicial de lançamento ($3{,}89\ ms^{-1}$).
- verificar que o valor da aceleração do corpo se manteve constante ao longo de todo o movimento.
- comparar o valor da aceleração do corpo com o valor conhecido da aceleração gravítica.
- relacionar os sinais dos valores das velocidades e da aceleração com o sentido dos seus respectivos vectores no referencial estabelecido inicialmente.

Conclusões

Os alunos deverão:

- concluir que durante a subida o corpo tem um movimento rectilíneo uniformemente retardado e durante a queda passa a ter um movimento rectilíneo uniformemente acelerado, associando a cada tipo de movimento a relação entre os sinais dos valores das velocidades e da aceleração.
- concluir que a mudança do sentido do movimento do corpo se deve à constante actuação da força gravítica, que independentemente da sua massa, lhe comunica uma aceleração constante.
- escrever a equação das posições e a equação das velocidades do corpo a partir dos dados obtidos.

[4] Os valores apresentados entre parêntesis e sublinhados foram os encontrados na aplicação exemplificada para este trabalho.

[5] Para efeitos práticos consideram-se as velocidades calculadas como sendo velocidades instantâneas.

Depois de os alunos concluírem sobre o tipo de movimento associado à ascensão e à queda dos corpos na vertical, e de deduzirem a equação das posições e a equação das velocidades do corpo estudado, o professor deverá mostrar os resultados da análise dos dados efectuada pelo *Tracker* (Fig. 13, 14 e 15*)*, para serem comparados e ser estabelecida uma conclusão final.

Pode escolher o número de gráficos a exibir nesta janela.
Clicando sobre a legenda dos eixos dos gráficos podemos escolher a grandeza a visualizar.

Figura 13

Nota: clicando no botão direito do rato, com o cursor sobre um dos gráfico da área C e escolhendo a opção *analise*, podemos fazer uma análise dos gráficos usando a função *data tool*, que permite fazer ajustes de curvas (Função *Fit Name*) sobre os pontos dos gráficos (função *Fit* e *Autofit*) e obter as respectivas expressões matemáticas (Fig. 14 e 15).

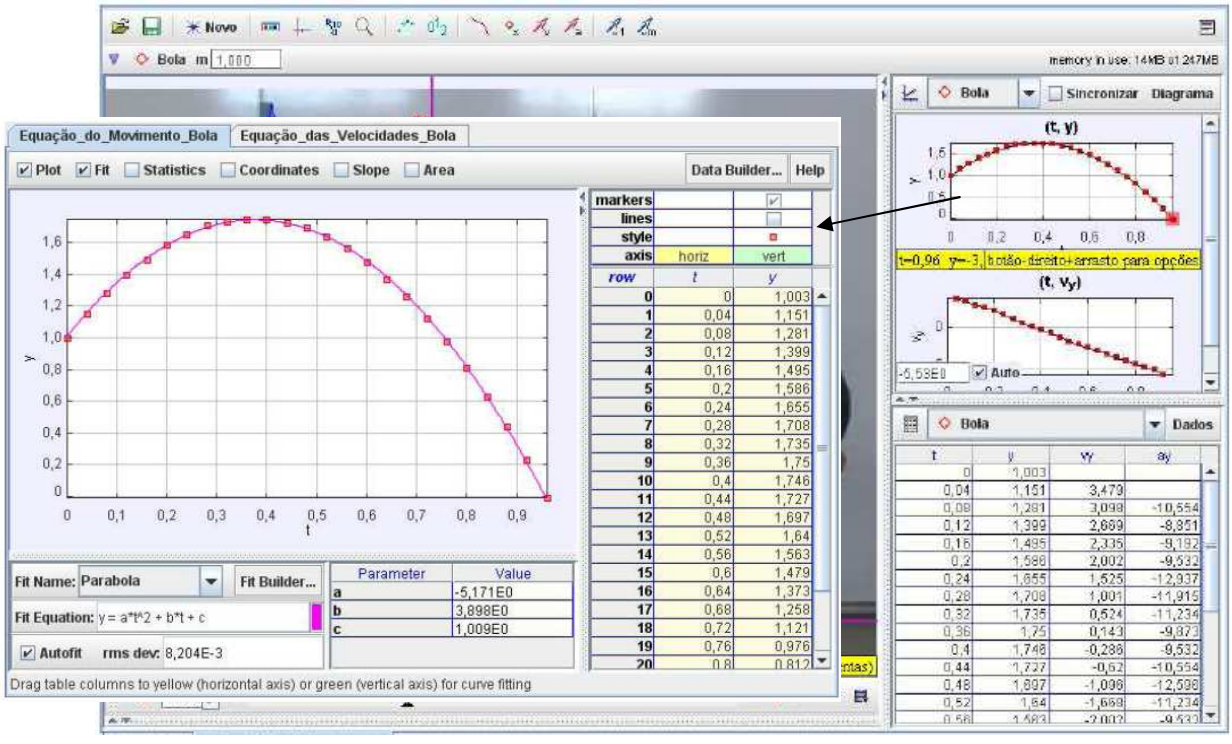


Figura 14

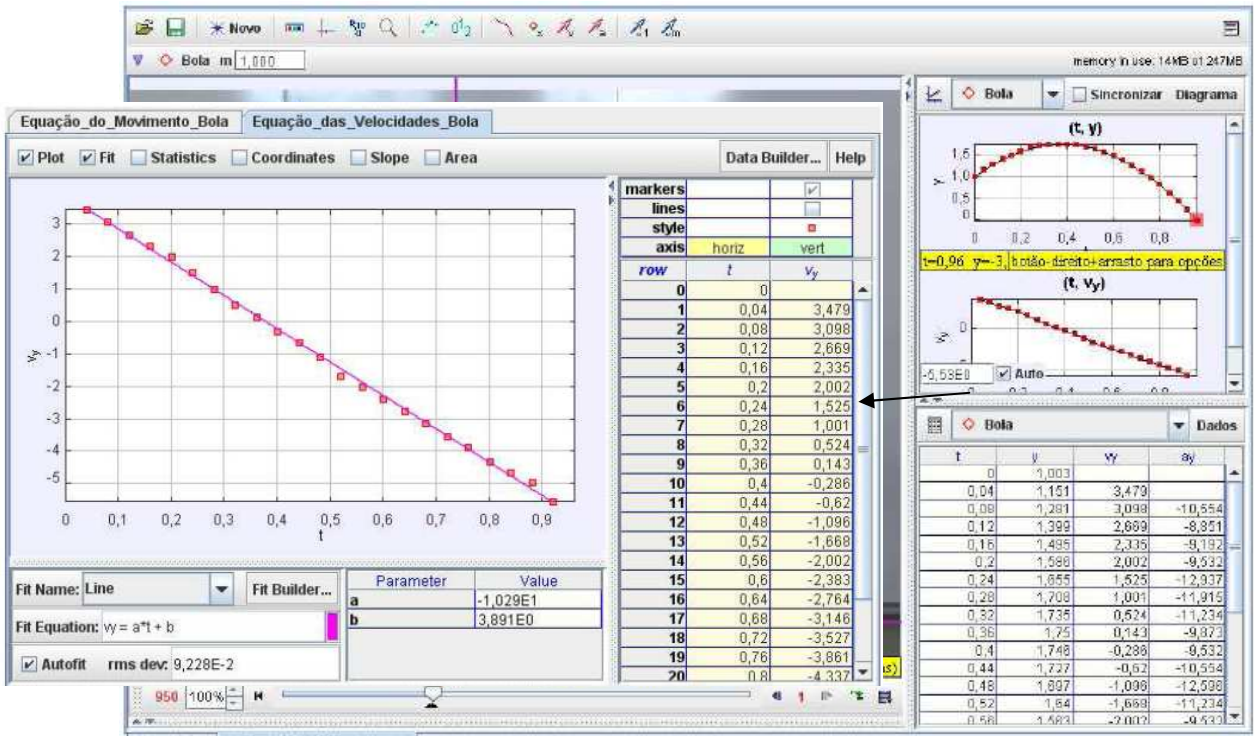


Figura 15

No fim o professor poderá criar um modelo teórico de um corpo com base nas expressões obtidas e comparar o comportamento desse modelo com o do corpo real. Os parâmetros podem ser alterados e ajustados (por exemplo o valor da aceleração gravítica pode ser de 9,8 ou 10 m/s^2).

Para o efeito, na opção *tracker* (trajectória) situada no menu da área A, escolha a opção *new* (novo) e depois a opção *analytic particle model* (modelo analítico de partícula) (Fig.16 e 17).

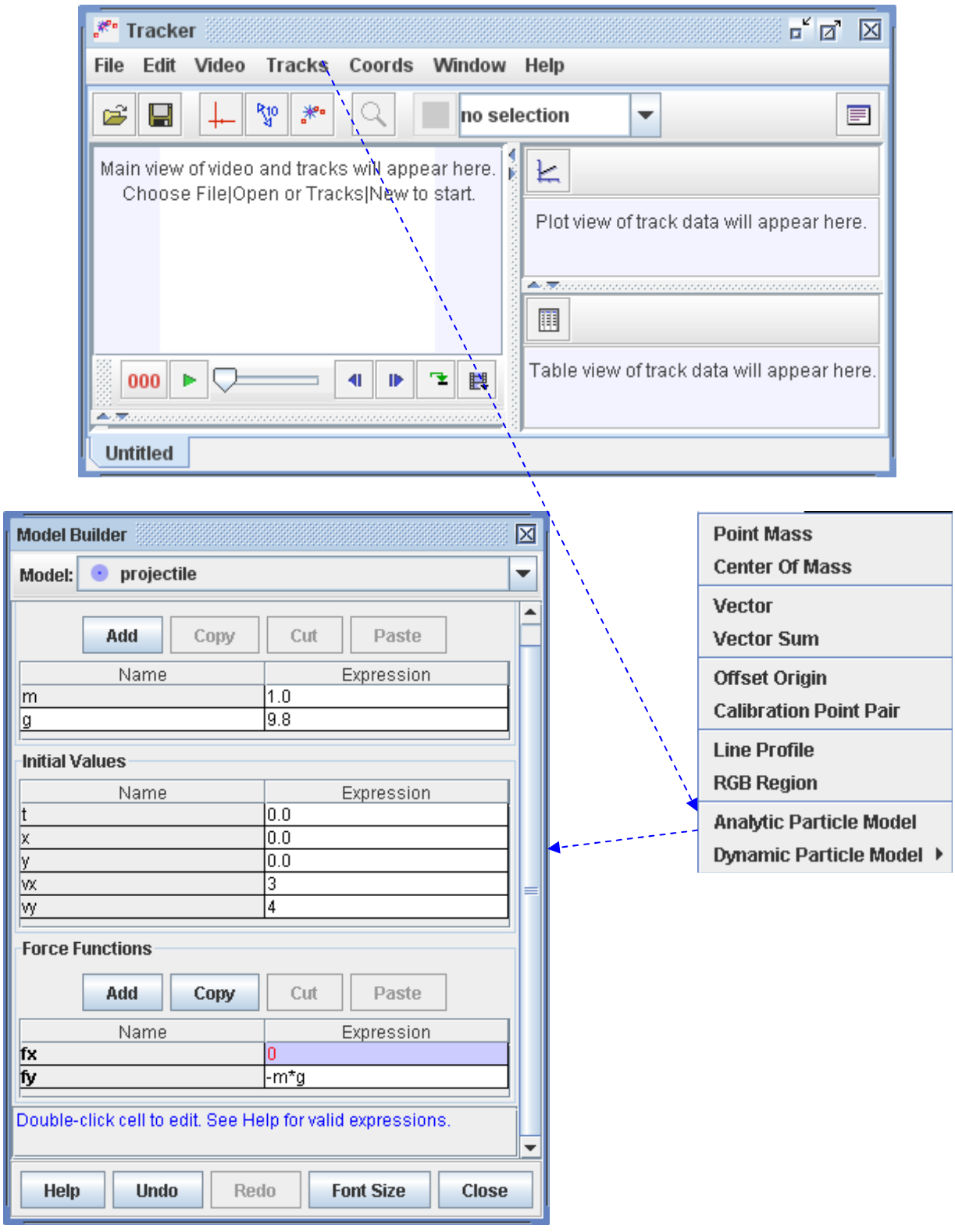

Tracker
File Edit Video Tracks Coords Window Help
no selection
Main view of video and tracks will appear here.
Choose File|Open or Tracks|New to start.
Plot view of track data will appear here.
Table view of track data will appear here.
000
Untitled
Model Builder
Model: projectile
Add Copy Cut Paste
Name Expression
m 1.0
g 9.8
Initial Values
Name Expression
t 0.0
x 0.0
y 0.0
vx 3
vy 4
Force Functions
Add Copy Cut Paste
Name Expression
fx 0
fy -m*g
Double-click cell to edit. See Help for valid expressions.
Help Undo Redo Font Size Close
Point Mass
Center Of Mass
Vector
Vector Sum
Offset Origin
Calibration Point Pair
Line Profile
RGB Region
Analytic Particle Model
Dynamic Particle Model

Figura 16

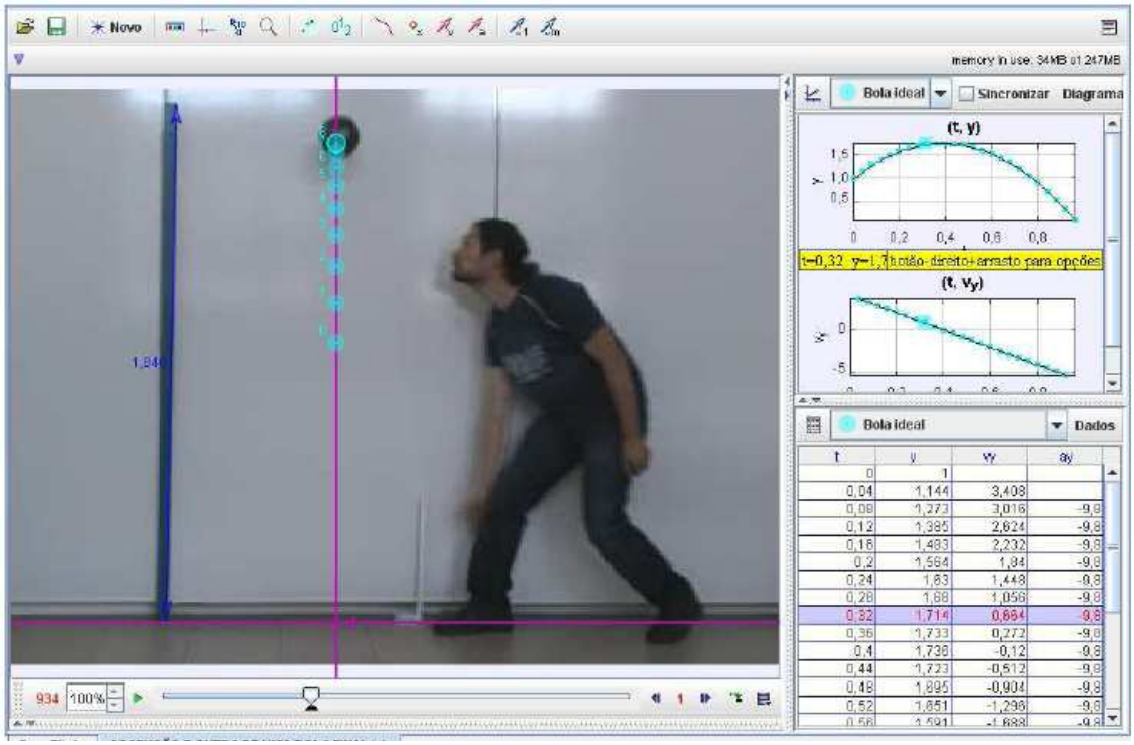

Novo
memory in use: 34MB of 247MB
Bola ideal
Sincronizar
Diagrama
(t, y)
(t, Vy)
Bola ideal
Dados
t
y
Vy
ay
0 1
0,04 1,144 -3,408
0,08 1,273 -3,016 -9,8
0,12 1,385 -2,624 -9,8
0,16 1,483 -2,232 -9,8
0,2 1,564 -1,84 -9,8
0,24 1,63 -1,448 -9,8
0,28 1,68 -1,056 -9,8
0,32 1,714 -0,664 -9,8
0,36 1,733 -0,272 -9,8
0,4 1,736 -0,12 -9,8
0,44 1,723 -0,512 -9,8
0,48 1,695 -0,904 -9,8
0,52 1,651 -1,296 -9,8
100%

Figura 17

CONCLUSÃO FINAL

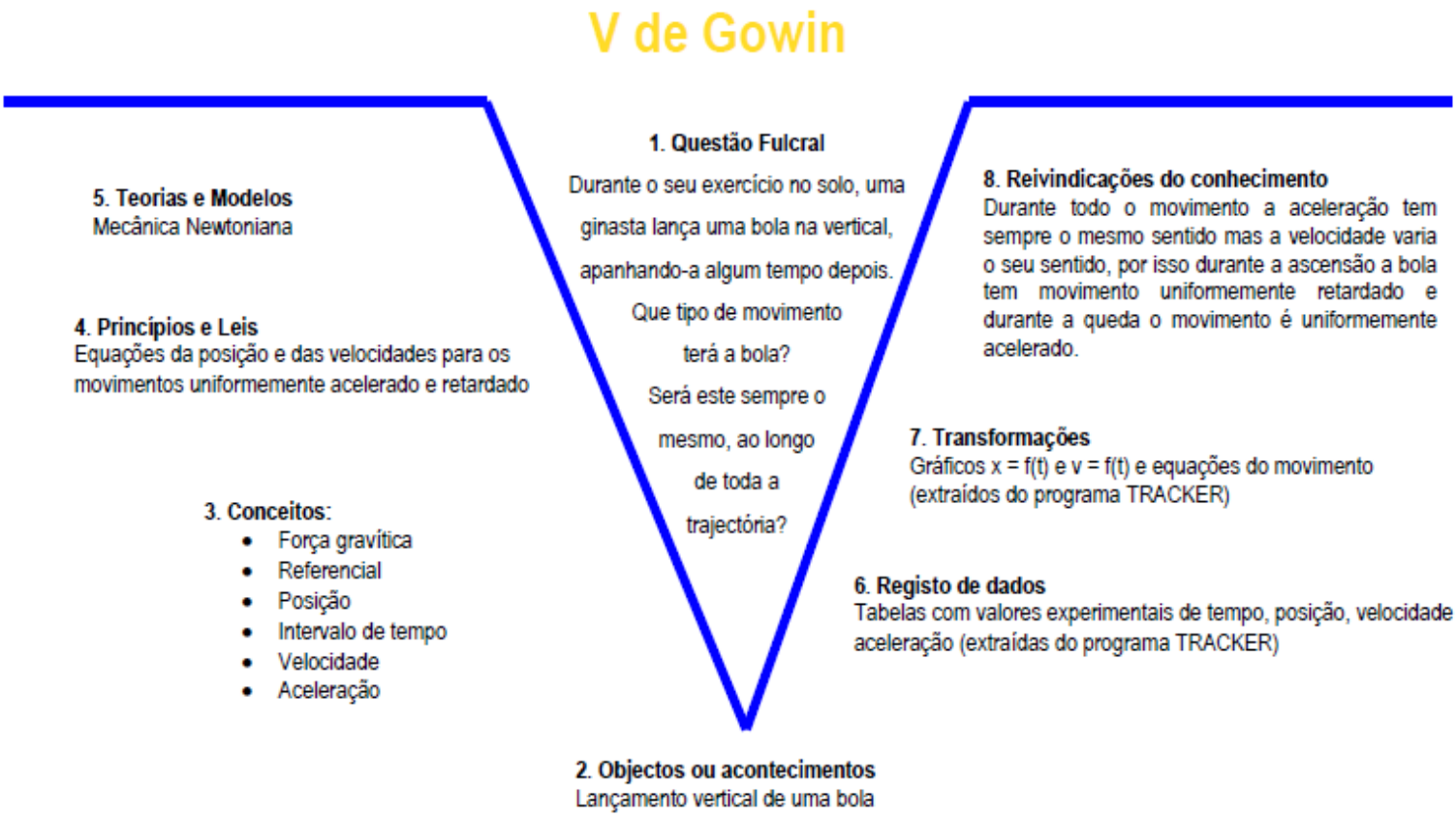
Os Programas de análise de vídeo e em particular o *Tracker*, podem desempenhar um papel muito importante no ensino da Mecânica no secundário, em particular na unidade "Movimentos na Terra e no Espaço", da Física do 11º ano, pois trata-se de uma ferramenta simples e eficaz, de fácil aprendizagem, que permite aos alunos aplicarem os conceitos da Cinemática e da Dinâmica dos corpos, de forma interessante e atractiva, uma vez que apenas envolve meios multimédia (imagem) e a utilização do computador, duas ferramentas, hoje em dia, praticamente omnipresentes na vida dos alunos.

As estratégias e aplicações possíveis deste software são inúmeras e a imaginação não tem limites. Infelizmente, sai fora do âmbito deste trabalho, fazer um estudo aprofundado das aplicações do software ao programa da Física do secundário.

Este trabalho também pretendeu ser uma introdução básica à utilização deste software desenvolvido por um Físico para aplicações pedagógicas na sala de aula. Por isso no procedimento procurou-se descrever os passos básicos de utilização da interface do *Tracker*.

Com este trabalho esperamos poder ter contribuído para a divulgação de mais uma ferramenta importante ao dispor dos Professores na sua árdua tarefa de ensinar, contribuindo também para ampliar o leque das estratégias didácticas, em particular no tema que foi objecto deste estudo.

ANEXO – V DE GOWIN


V de Gowin
1. Questão Fulcral
Durante o seu exercício no solo, uma ginasta lança uma bola na vertical, apanhando-a algum tempo depois. Que tipo de movimento terá a bola? Será este sempre o mesmo, ao longo de toda a trajectória?
2. Objectos ou acontecimentos
Lançamento vertical de uma bola
3. Conceitos:
Força gravítica
Referencial
Posição
Intervalo de tempo
Velocidade
Aceleração
4. Princípios e Leis
Equações da posição e das velocidades para os movimentos uniformemente acelerado e retardado
5. Teorias e Modelos
Mecânica Newtoniana
6. Registo de dados
Tabelas com valores experimentais de tempo, posição, velocidade e aceleração (extraídas do programa TRACKER)
7. Transformações
Gráficos x = f(t) e v = f(t) e equações do movimento (extraídos do programa TRACKER)
8. Reivindicações do conhecimento
Durante todo o movimento a aceleração tem sempre o mesmo sentido mas a velocidade varia o seu sentido, por isso durante a ascensão a bola tem movimento uniformemente retardado e durante a queda o movimento é uniformemente acelerado.

REFERÊNCIAS

[1] J. M. B. Lopes dos Santos, *Avimeca: aplicação de análise de vídeo*, 16 de Setembro de 2004, Projecto Faraday.

WEBOGRAFIA

http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/

BIBLIOGRAFIA

Ministério da Educação, *Programa de Física e Química A*.